

ANÁLISE MULTIVARIADA DE ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO EM SISTEMA AGROFLORESTAL COM TECA

Multivariate analysis of chemical and physical soil attributes in agroforestry system with teak

Hudson Santos Souza^{1*}; Antonio de Arruda Tsukamoto Filho²; Édila Cristina de Souza³; Daniele Aparecida Alvarenga Arriel⁴; Reginaldo Antonio Medeiros⁵

^{1*} Engenheiro Florestal; Departamento de Engenharia Florestal; UFMT - Campus Cuiabá; hudsonssh7@gmail.com

² Professor; Departamento de Engenharia Florestal; UFMT - Campus Cuiabá; antonio.tsukamoto@hotmail.com

³ Professora; Departamento de Estatística; UFMT - Campus Cuiabá; edilacr@yahoo.com.br

⁴ Professora; Departamento de Engenharia Florestal; UFMT - Campus Cuiabá; daniarriel@hotmail.com

⁵ Professor; Departamento de Engenharia Florestal; IFMT - Campus Cáceres; reginaldo.medeiros@cas.ifmt.edu.br

Artigo enviado em 22/06/2017, aceito em 01/10/2017 e publicado em 10/04/2018.

Abstract - The objective of the study was to evaluate the chemical and physical attributes of the soil and the initial development of teak in an agroforestry system. The experiment was installed in 2010, in the municipality of Figueirópolis D'Oeste, Mato Grosso. The experimental design was randomized blocks, with 12 treatments and four replications, in the subdivided plots scheme. The first factor was soil preparation (potholes, scarification and conventional), the second type of seedling propagation (seminal and clonal) and the third the corn cultivation between the lines of the teak (presence and absence). Principal component analysis was performed with all soil variables collected at 12 months of age to verify which variables had the most influence on the multivariate analysis. The discriminant analysis was performed with all the soil and dendrometric variables of the treatments, in order to obtain a separation of the groups between the treatments that presented superior and inferior developments. Subsequently, the multivariate analysis of the variance (MANOVA) and the Tukey test were performed to verify differences between means. The analysis was performed with SAS software version 9.4 features. For the teak in its initial phase of development, the variables Ca, Ca+Mg, SB, CTC, Sand, H, pH CaCl₂, Mg and MO were the most influential, demonstrated by principal component analysis. Clonal teak implanted in conventional soil preparation, pits and chiseling showed higher growth in relation to the other cultivation systems at 36 months of age. Corn intercropping influences teak growth in the first 12 months after implantation.

Keywords - Edaphic attributes; agroforestry; maize; *Tectona grandis* L.f..

Resumo - O objetivo do estudo foi avaliar os atributos químicos e físicos do solo e o desenvolvimento inicial de teca em sistema agroflorestal. O experimento foi instalado em 2010, no município de Figueirópolis D'Oeste, Mato Grosso. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, com 12 tratamentos e quatro repetições, no esquema de parcelas subdivididas. O primeiro fator foi o preparo do solo (covas, escarificação e convencional), o segundo o tipo de propagação de muda (seminal e clonal) e o terceiro o cultivo de milho nas entrelinhas da teca (presença e ausência). Foi realizada a análise de componentes principais com todas as variáveis do solo coletadas aos 12 meses de idade, para verificar quais variáveis apresentavam mais influência na análise multivariada. A análise discriminante foi realizada com todas as variáveis do solo e dendrométricas dos tratamentos, com o intuito de se obter uma separação dos grupos entre os tratamentos que apresentaram desenvolvimentos superiores e inferiores. Na sequência, foi realizada a análise multivariada da variância (MANOVA) e o teste Tukey, para verificar as diferenças entre médias. A análise foi executada com recursos do *software* SAS versão 9.4. Para a teca em sua fase inicial de desenvolvimento, as variáveis Ca, Ca+Mg, SB, CTC, Areia, H, pH CaCl₂, Mg e MO foram as mais influentes, demonstrado pela análise de componentes principais. Teca clonal implantada em preparo de solo convencional, covas e escarificação apresenta maior crescimento em relação aos demais sistemas de cultivo aos 36 meses de idade. O cultivo intercalar do milho influencia o crescimento de teca nos primeiros 12 meses após implantação.

Palavras-chave - Atributos edáficos; agrossilvicultura; milho; *Tectona grandis* L.f..

INTRODUÇÃO

A relação entre meio ambiente e sistema de produção agrícola vem se tornando um dos principais instrumentos de discussão nos planos de governos, ocorrendo na esfera nacional e mundial. Essa relação se torna fator limitante ao se referir ao crescente aumento populacional das últimas décadas, seja para atender a demanda alimentícia e energética, como para a preservação dos recursos naturais e o meio ambiente (OLIVEIRA, 2013).

Um grande desafio para a agricultura será contornar os problemas decorrentes de décadas de práticas agrícolas de monocultivo e de elevada pressão sobre o ambiente, tais como erosão e perda de fertilidade dos solos, assoreamento dos cursos d'água, poluição do solo, da água e emissões líquidas de gases de efeito estufa (EMBRAPA, 2015).

Em meio a esse cenário, segundo Silva (2013), os sistemas agroflorestais (SAFs), naturalmente pela sua fundamentação multicultural e perspectivas de sustentabilidade produtiva, atendem a essa nova perspectiva que se apresenta para os produtores rurais.

No Brasil, a *Tectona grandis* L.f. (teca) é uma das espécies madeireiras de uso potencial em SAFs (MORETTI et al., 2014; MEDEIROS et al., 2015). De acordo com a IBÁ (2016) a área plantada com a espécie no Brasil em 2015 era de 87.410 ha. Medeiros et al. (2015) ressalta que, mais do que aumentar a área plantada com a espécie, atualmente há uma preocupação em melhorar a produtividade das plantações, principalmente pela seleção de genótipos mais produtivos e também pela adoção de sistemas de produção mais sustentáveis.

Segundo Neves et al. (2007), para ter um aumento da produtividade de plantios florestais, as propriedades físicas e químicas do solo devem estar em níveis adequados, pois influenciam a produtividade através do desenvolvimento das plantas. Ainda de acordo com esses autores, muitas dessas propriedades têm sido utilizadas para quantificar as alterações provocadas pelos diferentes sistemas de manejo ou até mesmo como indicadores da sua qualidade.

Diversos trabalhos demonstram que as propriedades do solo foram melhoradas em sistemas agroflorestais em comparação com sistemas de monocultivo (PAUDEL et al., 2012; BARDHAN et al., 2013; SILVA, 2013; UDAWATTA et al., 2014).

Nesse contexto, o objetivo do estudo foi avaliar os atributos químicos e físicos do solo mais influentes no desenvolvimento inicial de teca em sistema agroflorestal em Figueirópolis D'Oeste, Mato Grosso.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no município de Figueirópolis D'Oeste, Mato Grosso, em área experimental localizada nas coordenadas geográficas de latitude Sul 15°24'27", longitude Oeste 58°45'56" e altitude de 370 m.

O clima da região é do tipo Aw, segundo classificação de Köppen, com temperatura anual que varia entre 25 a 38 °C e as precipitações pluviométricas em torno de 1.500 mm/ano.

O solo da área foi classificado por um grupo de pesquisadores do IFMT - campus Cáceres como cambissolo Háplico Tb Eutrófico léptico, segundo a classificação do Sistema Brasileiro de Classificação do Solo, (EMBRAPA, 2013), apresentando textura franco-arenosa. O local onde o experimento foi implantado era ocupado com pastagem de braquiária (*Brachiaria brizantha* vr. Marandu).

O experimento foi instalado em janeiro de 2010, utilizando-se delineamento experimental em blocos casualizados (DBC) com três fatores alocados parcelas subdivididas. O primeiro fator (parcela principal) foi o uso de três tipos preparo (covas, escarificação e convencional), o segundo fator (subparcela) dois tipos de propagação de muda (seminal e clonal) e o terceiro fator (sub-subparcela) o cultivo de milho nas entrelinhas da teca (presença e ausência).

Cada sub-subparcela possui sete linhas de plantio de teca, alocadas na direção leste-oeste, com seis plantas por linha no espaçamento 4 x 2 m, perfazendo 42 plantas parcela⁻¹ (336 m²). A coleta de dados foi realizada na área útil de cada parcela, com a medição de 20 plantas de teca (160 m²).

No preparo do solo convencional foram realizadas duas gradagens utilizando grade aradora a uma profundidade de 30 cm e uma passagem de grade niveladora. Posteriormente, fez-se a abertura de covas com 30 cm de profundidade e 20 cm de diâmetro para o plantio das mudas de teca.

No preparo do solo em covas, antes do plantio das mudas de teca eliminou-se a pastagem de braquiária com aplicação de herbicida. O solo não foi revolvido, sendo feita apenas a abertura de covas com 30 cm de profundidade e 20 cm de diâmetro.

No preparo do solo com escarificação, empregou-se herbicida para o controle de plantas invasoras antes do plantio das mudas de teca. O escarificador usado na operação apresentava largura de 1,60 m com uma haste de corte de 30 cm de profundidade. Em seguida foi realizada a abertura de covas com 30 cm de profundidade e 20 cm de diâmetro.

Nas sub-subparcelas onde o milho foi plantado, o preparo do terreno consistiu da passagem de duas gradagens com grade aradora na profundidade de 15 cm, seguida da passagem de grade niveladora. Após 30 dias do plantio da teca, em fevereiro de 2010, foi realizada a semeadura do milho cultivar AG 8088 YG. Em fevereiro de 2011 foi semeado o milho cultivar BM3061. Semearam-se três fileiras de milho, espaçadas 0,8 m entre si e distantes 1,2 m da linha de plantio da teca, perfazendo um estande de 52.500 plantas por hectare. Foram aplicados 120 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio nas entrelinhas da cultura agrícola.

O inventário florestal foi realizado aos 12 meses após o transplantio, quando foram coletados os dados de altura total (*ht*) e o diâmetro a 5 cm de altura do solo (*d5cm*). Aos 36 meses após o transplantio foram coletados os dados

de altura total (*ht*) e o diâmetro à altura de 1,30 m do solo (*dap*). Para a avaliação dos atributos do solo, aos 12 meses de idade, foram coletadas 48 amostras simples de solo na camada de 0-20 cm, formando 4 amostras compostas por unidade experimental. Todas as amostras foram etiquetadas e armazenadas em recipientes plásticos e encaminhadas ao laboratório especializado, onde foram realizadas as análises dos 23 atributos do solo (pH H₂O; pH CaCl₂; P mg dm³; K mg dm³; Ca+Mg cmolc/dm³; Ca cmolc/dm³; Mg cmolc/dm³; Al cmolc/dm³; H cmolc/dm³; H+Al cmolc/dm³; MO g/dm³; Areia g/kg; Silte g/kg; Argila g/kg; Zn mg/kg; Cu mg/kg; Fe mg/kg; Mn mg/kg; B mg/kg; S mg/kg; SB cmolc/dm³; T mg/kg; V mg/kg).

Primeiramente foi realizado a análise de componentes principais (ACP) com as 23 variáveis do solo nas amostras coletadas aos 12 meses da implantação, para verificar quais variáveis apresentavam mais influência na análise. Em seguida, foram retiradas as variáveis que não apresentaram influência. De acordo com Borcard et al. (2011), esse procedimento torna viável o processamento, que deve apresentar número de variáveis menor que o número de amostras de solo.

A análise discriminante (AD) foi realizada com todas as variáveis do solo e dendrométricas (*ht* e *d5cm*) dos tratamentos, com o intuito de se obter uma separação dos grupos entre os tratamentos que apresentaram maior e menor desenvolvimento.

Posteriormente, foi realizada a análise de variância (ANOVA) com as variáveis dendrométricas (*ht* e *d5cm*) determinadas aos 12 meses e aos 36 meses, para verificar se houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos. Na sequência foi realizada a análise multivariada da variância (MANOVA) e o teste Tukey, para verificar as diferenças entre as médias dos atributos.

A ANOVA foi executada com recursos do *software* SAS versão 9.4 (SAS, 2013), bem como os testes multivariados Traço de Pillai, Lambda de Wilks, Traço de Hotelling e Maior raiz própria de Roy. Estes são os testes mais empregados na análise de variância multivariada e o *software* os processa de forma simultânea. Em todas as análises estatísticas do presente estudo foi empregado um nível de 95% de confiança.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos 23 atributos do solo analisados, 16 apresentaram maior influência na análise dos componentes principais e com maior correlação de Pearson, são elas: pH em cloreto de cálcio (pH CaCl₂), fósforo disponível/extraível (P), potássio trocável (K), cálcio e magnésio trocáveis (Ca+Mg), cálcio trocável (Ca), magnésio trocável (Mg), hidrogênio (H), matéria orgânica (MO), areia (Areia), silte (Silte), argila (Argila), cobre extraível (Cu), ferro extraível (Fe), soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V%), onde as médias dos teores estão apresentadas na Tabela 1.

De acordo com Ribas e Vieira (2011), o objetivo da ACP é atingido quando um número relativamente pequeno de componentes extraídos possuem a capacidade de explicar a maior parte da variabilidade nos dados originais.

As variáveis edáficas na camada de 0-20 cm explicam 59,62% da variação dos dados para os dois componentes principais (CP1 e CP2) (Figura 1). O autovalor para o CP1 é de 0,4175, ou seja, o primeiro componente explica 41,75% da variância total. Similarmente, o autovalor para o CP2 é de 0,1787, isto é, o segundo componente explica 17,87% da variância total.

Quanto maior for o comprimento de um vetor, mais influente o mesmo será para a análise (BORCARD et al., 2011). Neste contexto, para o sistema agroflorestal avaliado, na análise de componentes principais CP1 e CP2, podemos concluir que, para a teca, os atributos Ca, Ca+Mg, SB, CTC, Areia, H, pH CaCl₂, Mg e MO são as mais influentes. Pode-se observar que as variáveis Ca, Ca+Mg, SB e CTC foram as mais influentes no CP1, e todas são altamente correlacionadas entre si.

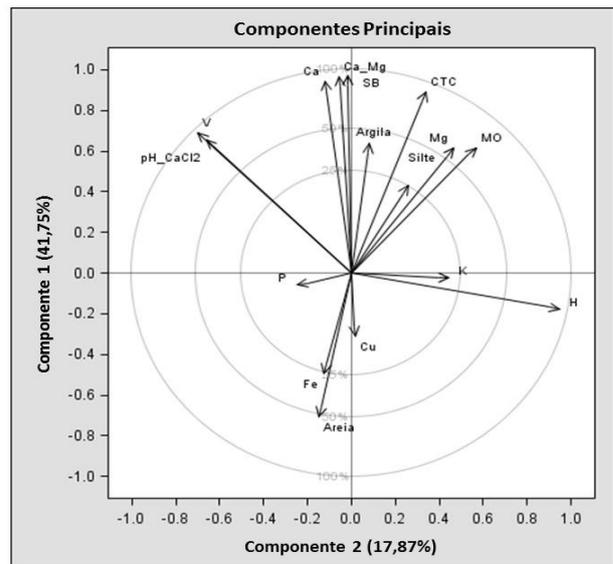


Figura 1: Análise dos componentes principais 1 e 2 de 16 atributos do solo, na profundidade de 0-20 cm, aos 12 meses após a implantação do sistema agroflorestal.

Os teores médios de Ca para os tratamentos foram de 5,56 cmolc dm³, variando entre 5,0 e 10,0 cmolc dm³, semelhantes aos descritos como ideais para a teca (MOLLINEDO et al. 2005). O cálcio é um dos elementos mais importantes no processo de nutrição da teca (MATRICARDI, 1989), pois é uma planta de alta exigência de Ca de acordo com Zech e Drechsel (1991).

Tabela 1: Médias dos atributos do solo que apresentaram maior influência na análise dos componentes principais e com maior correlação de Pearson aos 12 meses para 12 tratamentos em um sistema agroflorestal em Figueirópolis D'Oeste, MT.

Trat	pH CaCl ₂	P	K	Ca	Mg	H	MO	Arcia	Silte	Argila	Cu	Fe	V	CTC
1	5,35	4,25	101,00	5,22	0,93	2,38	20,75	492,00	168,50	339,50	2,53	106,75	72,68	8,05
2	5,75	6,33	135,00	6,79	0,67	1,66	18,25	515,00	179,25	305,75	2,28	89,75	81,33	9,09
3	5,35	3,90	95,00	5,85	0,68	2,38	21,00	526,50	175,25	298,25	2,63	98,50	73,75	9,02
4	5,50	8,28	101,00	5,57	0,82	2,19	19,25	541,75	175,00	283,25	3,00	94,50	75,43	8,45
5	5,58	3,80	102,00	5,57	0,78	1,78	13,25	488,25	168,00	343,75	2,55	136,75	78,68	8,38
6	5,30	3,83	127,50	4,62	0,69	2,16	13,50	511,25	156,50	332,25	2,63	137,75	72,23	7,78
7	5,58	5,68	77,50	4,88	0,64	1,50	8,50	557,50	163,00	279,50	2,63	115,00	78,70	7,23
8	5,63	7,80	66,00	5,59	0,62	1,47	11,75	534,00	156,25	309,75	2,75	112,75	81,10	7,85
9	5,30	4,48	80,50	5,16	0,67	2,19	16,00	487,75	157,50	354,75	2,80	113,25	73,13	8,25
10	5,53	7,65	83,00	5,90	0,70	1,75	17,75	511,25	164,00	324,75	2,83	133,75	78,73	8,25
11	5,75	4,00	83,00	6,26	0,75	1,60	18,75	503,25	160,75	336,00	2,88	106,75	81,58	8,10
12	5,45	3,48	110,00	5,36	0,77	1,88	16,00	495,50	164,75	339,75	3,13	122,75	77,23	8,03
Média	5,50	5,29	96,79	5,56	0,72	1,91	16,23	513,67	165,73	320,60	2,72	114,02	77,04	8,21

pH CaCl₂ = pH em cloreto de cálcio; P = fósforo disponível/extraível; K = potássio trocável; Ca = cálcio trocável; Mg = magnésio trocável; H = hidrogênio; MO = matéria orgânica; Cu = cobre extraível; Fe = ferro extraível; CTC = capacidade de troca catiônica; e V = saturação por bases.

Os teores Mg apresentaram uma média de 0,72 cmolc dm⁻³ que, de acordo com Ribeiro et al. (1999), são classificados como médios. Mesmo que as exigências das culturas em Mg sejam relativamente baixas (FAQUIN, 2005), o magnésio é um elemento essencial e importante, pois além de sua participação na soma de bases e na saturação de bases, são altamente correlacionadas com índice de sítios (MATRICARDI, 1989).

A média dos valores de soma das bases dos 12 tratamentos foi de 6,53 cmolc dm³, considerada muito boa de acordo Ribeiro et al. 1999. A soma de bases indica o número de cargas negativas dos colóides do solo que está ocupado pelos cátions básicos trocáveis, correspondendo à maioria das cargas existentes em pH natural do solo. A capacidade de troca iônica do solo representa, portanto, a graduação da capacidade de liberação de vários nutrientes, favorecendo a manutenção da fertilidade por um prolongado período e reduzindo ou evitando a ocorrência de efeitos tóxicos da aplicação de fertilizantes (RONQUIM, 2010).

A CTC potencial média, determinada a pH 7,0 foi de 8,21 cmolc dm³, considerada boa de acordo com Ribeiro et al. (1999). Segundo Ronquim (2010), se a maior parte da CTC do solo está ocupada por cátions essenciais como Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺, pode-se dizer que esse é um solo bom para a nutrição das plantas. Por outro lado, se grande parte da CTC está ocupada por cátions potencialmente tóxicos como H⁺ e Al³⁺ este será um solo pobre.

Segundo Suzuki et al. (2007) a matéria orgânica do solo possui papel fundamental na manutenção do pH e no fornecimento de nutrientes para a teca. Os tratamentos tiveram um teor médio de matéria orgânica de 16,23 g kg⁻¹ aos 12 meses do plantio. De acordo com Ribeiro et al. (1999), esse valor ainda é considerado baixo, mas vale ressaltar que o plantio ainda está em sua fase inicial de crescimento.

Os tratamentos analisados tiveram uma média de pH CaCl₂ de 5,5 que, segundo Zech e Drechsel (1991), Bebart (1999) e Alvarado (2006), é considerado adequado para o crescimento da teca. De acordo com esses autores, um pH CaCl₂ acima de 4,7 já pode ser considerado adequado para a espécie.

O efeito conjunto das variáveis foi capaz de mostrar a variação entre os tratamentos. Aos 12 meses da implantação os tratamentos 2, 10 e 12, que estão no 1º quadrante (Figura 2), obtiveram um melhor desenvolvimento. Isso pode ser explicado pelo fato desses tratamentos terem o material genético clonal e não terem a implantação da cultura agrícola (milho), tendo menor competição dos nutrientes disponíveis no solo.

Em segundo lugar na análise discriminante ficaram os tratamentos alocados no 2º e 4º quadrante. De maneira geral os tratamentos 3, 4, 5, 6, 8 e 11 tiveram um desenvolvimento satisfatório aos 12 meses da implantação, porém inferiores quando comparado aos tratamentos 2, 10 e 12. Em terceiro lugar ficaram os tratamentos 1, 7 e 9, localizados no 3º quadrante, os quais correspondem ao consórcio com o milho. Isso demonstrou que, no primeiro ano do plantio, a competição com o milho pode ter influenciado na disponibilidade de nutrientes para a teca.

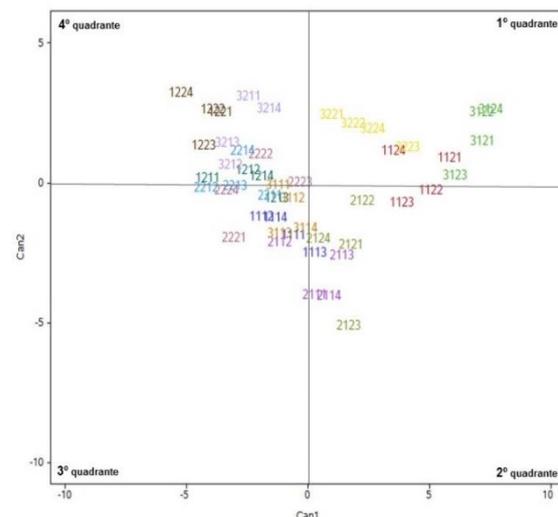


Figura 2: Análise discriminante dos 12 tratamentos com as variáveis edáficas de 0-20 cm e dendrométricas (ht e d5cm) em um sistema agroflorestal em Figueirópolis D'Oeste, MT.

Na ANOVA para as duas variáveis dependentes *ht* e *d5cm* aos 12 meses após a implantação detectou-se teste F significativo ($p < 0,05$), demonstrando que existe diferença entre as médias dos tratamentos avaliados para essas variáveis. Constatada a diferença entre os tratamentos, procedeu-se a aplicação da MANOVA para as variáveis *ht* e *d5cm*, onde todas as estatísticas de *p* (probabilidade) foram altamente significativas [$< 0,0001$], indicando diferenças significativas. Posteriormente foi realizado o teste Tukey para a comparação das médias de *ht* e *d5cm* (Tabela 2).

Os tratamentos 10, 12, 2 e 6 tiveram desenvolvimentos superiores aos demais aos 12 meses, tanto para a altura total quanto para o diâmetro à altura da base. Isso pode ser explicado devido a esses tratamentos terem as plantas de teca com clone superiores e sem a competição com a cultura do milho. Segundo Medeiros et al. (2015) plantas clonais apresentaram maior crescimento e produção em relação às seminais, independentemente do sistema de cultivo.

De acordo com Wendling (2003), dentre as principais vantagens da propagação vegetativa de espécies florestais podem ser citadas a formação de plantios clonais de alta produtividade e uniformidade, a melhoria da qualidade da madeira e de seus produtos, a multiplicação de indivíduos resistentes a pragas e doenças e adaptados a sítios específicos e a transferência, de geração para geração, dos componentes genéticos aditivos e não-aditivos, o que resulta em maiores ganhos dentro de uma mesma geração de seleção.

Para verificar o comportamento dos tratamentos até o terceiro ano da implantação, foi realizada a ANOVA aos 36 meses para as variáveis dependentes *ht* e *d5cm*. Observou-se que o teste F foi significativo e procedeu-se a aplicação da análise multivariada de variância (MANOVA).

Tabela 2: Médias de altura total (*ht* m), diâmetro à altura de 5 centímetros (*d5cm*) e diâmetro à altura do peito (*dap* cm) de teca aos 12 e 36 meses para 12 tratamentos em um sistema agroflorestal em Figueirópolis D'Oeste, MT.

Trat ₁₂	<i>ht</i> ₁₂	<i>d5cm</i> ₁₂	Trat ₃₆	<i>ht</i> ₃₆	<i>dap</i> ₃₆
10	2,54a	5,25	10	8,58a	8,55a
12	1,82ab	4,20	1	7,92ab	7,96ab
2	1,80ab	3,59	5	7,83ab	7,96ab
6	1,51bc	2,99	9	7,55bc	7,80abc
1	1,37bcd	2,89	2	7,51bc	7,65abc
5	1,29bcd	2,37	6	7,35bc	7,64abc
9	1,21bcd	2,79	12	7,06bcd	7,60bc
7	1,00cd	2,52	11	6,53cde	7,12bcd
8	0,89cd	2,31	7	6,29def	6,98cde
4	0,88cd	2,68	3	6,07def	6,62de
11	0,80cd	2,44	4	5,72ef	6,28de
3	0,75d	2,20	8	5,46f	6,12e

*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si na coluna pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *ht*₁₂ = altura total aos 12 meses; *d5cm*₁₂ = diâmetro à altura de 5 centímetros aos 12 meses; *ht*₃₆ = altura total aos 36 meses; *dap*₃₆ = diâmetro à altura do peito aos 36 meses.

Na MANOVA todas as estatísticas foram altamente significativas [$< 0,0001$], indicando que houve diferença entre os tratamentos avaliados nessa época. Em complementação a MANOVA, foi realizado o teste Tukey

para a comparação das médias de *ht* e *d5cm* (Tabela 2) dos tratamentos aos 36 meses.

Aos 36 meses de idade o tratamento 10 foi superior aos demais. Esse resultado já era esperado, pois foi o tratamento que teve o preparo de solo convencional, o material genético clonal e sem o consórcio com o milho. Porém, ao observar a variável altura total, os melhores tratamentos foram 10, 1 e 5, o que evidenciou uma vantagem no crescimento em consórcio com a cultura agrícola. Aos 36 meses de idade os tratamentos 1 (covas, clone, com milho) e 5 (escarificação, clone, com milho) não diferiram do tratamento 10 (convencional, clone, sem milho).

Provavelmente a adubação com 120 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio realizada no primeiro e no segundo ano nos tratamentos que tiveram a cultura do milho influenciou positivamente no desenvolvimento da teca até os 36 meses do plantio. Além disso, de acordo com Medeiros et al. (2015), as práticas culturais aplicadas à cultura agrícola podem beneficiar o crescimento da teca.

Para a variável diâmetro à altura do peito, os tratamentos com clones superiores de teca que tiveram melhores desenvolvimentos foram os tratamentos 10, 1, 5, 9, 2 e 6, não havendo diferença significativa entre si. Isso reflete a superioridade no crescimento de clones em relação às mudas seminais. Do ponto de vista econômico, os tratamentos 1 e 5 são considerados mais indicados, pois a implantação no método de plantio em covas e escarificação é mais barato que o convencional e, com a venda da produção da cultura do milho, já se obtém um valor para a amortização dos custos de implantação.

Vários trabalhos apontam que o plantio do milho nos estágios iniciais de crescimento de teca fornece uma vantagem em relação a sua monocultura, independente dos espaçamentos utilizados, pois o cultivo agrícola ajuda a amortizar os custos de implantação, principalmente nos primeiros anos após o plantio (MACEDO et al. 2010; PALHETA et al. 2014; KHASANAH et al. 2015).

CONCLUSÕES

Na fase inicial de desenvolvimento da teca os atributos Ca trocável, Ca+Mg trocáveis, soma de bases, capacidade de troca de cátions, teor de areia, hidrogênio ionizável, pH em CaCl₂, Mg trocável e matéria orgânica foram os mais influentes de acordo com a análise de componentes principais.

A teca de material genético clonal implantada nos três preparos de solo avaliados apresentou maior crescimento em relação aos demais sistemas de cultivo aos 36 meses do plantio.

A cultura agrícola (Milho – *Zea mays*, cultivar AG 8088 YG) influencia no crescimento de teca aos 12 meses do plantio.

REFERÊNCIAS

- ALVARADO, A. Nutricion y fertilizacion de la teca. *Informaciones Agronomicas. Instituto de la Potasa y el Fosforo*. n. 61, p. 1-8. 2006.
- BARDHAN, S.; JOSE, S.; UDAWATTA, R.; FRITSCHI, F. Microbial community diversity in a 21-year-old temperate alley cropping system. *Agroforest Systems*, v. 87 p. 1031–1041, 2013.
- BEBARTA, K.C. Teak: Ecology, Silviculture, Management and profitability. *International Book Distributors*. Índia. 1999. 379 p.
- BORCARD, D.; GILLET, F.; LEGENDRE, P. *Numerical Ecological* with R. New York: Springer, 2011. 306p.
- EMBRAPA - Integração Lavoura Pecuária Floresta – ILPF. Nota técnica, disponível em: <<https://www.embrapa.br/tema-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-ilpf/nota-tecnica>> acesso em 30 de mar. 2015.
- EMBRAPA - *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2013. 353 p.
- FAQUIN, V. Nutrição Mineral de Plantas. 186 p. Curso de Pós-Graduação “Lato Sensu” (Especialização) a Distância: Solos e Meio Ambiente. Lavras: UFLA / FAEPE, 2005.
- IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores. Relatório 2015. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/iba_2015.pdf>. Acesso em: 14 Jul 2016.
- KHASANAH, N.; PERDANA, A.; RAHMANULLAH, A.; MANURUNG, G.; ROSHETKO, J. M.; NOORDWIJK, M. V. Intercropping teak (*Tectona grandis*) and maize (*Zea mays*): bioeconomic trade-off analysis of agroforestry management practices in Gunungkidul, West Java. *Agroforestry Systems*, v. 89, n. 6, p. 1019-1033, 2015.
- MACEDO, R. L. G. Fundamentos básicos para implantação e manejo de sistemas agroflorestais. In: MACEDO, R. L. G. Princípios básicos para o manejo sustentável de sistemas agroflorestais. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. Cap. 1, p. 5-30
- MATRICARDI, W. A. T. *Efeitos dos fatores de solo sobre o desenvolvimento da Teca (Tectona grandis L.f.) cultivada na grande Cáceres – Mato Grosso*. 1989. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade de São Paulo, Piracicaba – SP.
- MEDEIROS, R. A.; PAIVA, H. N.; LEITE, H. G.; OLIVEIRA NETO, S. N.; VENDRÚSCOLO, D. G. S.; SILVA, F. T. Análise silvicultural e econômica de plantios clonais e seminais de *Tectona grandis* L.f. em sistema taungya. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.39, n.5, p.893-903, 2015.
- MOLLINEDO, M.; UGALDE, L.; ALVARADO, A.; VERJANS, J. M.; RUDY, L. C. Relación suelo-árbol y factores de sitio, en plantaciones jóvenes de teca (*Tectona grandis*), en la Zona Oeste de la Cuenca del Canal de Panamá. *Agronomía Costarricense*, v. 29, n. 1, p. 67-75, 2005.
- MORETTI, M. S.; TSUKAMOTO FILHO, A. de A.; COSTA, R. B. da; RONDON NETO, R. M.; MEDEIROS, R. A.; SOUSA, R. A. T. M. Crescimento inicial de plantas de teca em monocultivo e sistema Taungya com milho em Figueiropolis D'Oeste, Estado de Mato Grosso. *Scientia Forestalis*, v. 42, n. 102, p. 269–277, 2014.
- NEVES, C. M. N. DAS.; SILVA, M.L.N.; CURI, C.; CARDOSO, E. L.; MACEDO, R. L. G.; FERREIRA, M. M.; SOUZA, F. S. de. Atributos indicadores da qualidade do solo em sistema agrossilvopastoril no noroeste do estado de Minas Gerais. *Scientia Forestalis*, Piracicaba-SP, n. 74, p. 45–53, 2007.
- OLIVEIRA, B. da S. *Atributos físicos e biológicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, na Amazônia meridional*. 2013. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso.
- PALHETA, I. V.; GOMES, C. A. da S.; LOBATO, G. de J. M.; AULA, M. T. de; PONTES, A. N. Viabilidade econômica de um sistema agroflorestal no município de Santa Bárbara-PA. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.19; p. 1947-1956, 2014.
- PAUDEL, B. R.; UDAWATTA, R. P.; KREMER, R. J.; ANDERSON, S. H. Soil quality indicator responses to row crop, grazed pasture, and agroforestry buffer management. *Agroforestry Systems*, v.84, p.311– 323, 2012.
- RIBAS, J. R.; VIEIRA, P. R. da C. *Análise Multivariada com o uso do SPSS*. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna. p. 272, 2011.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. C.; ALVAREZ, V. H V. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação*. – Viçosa, MG, 359p. 1999.
- RONQUIM, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. Embrapa Monitoramento por Satélite. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, 8. 26 p. 2010.
- SAS. Institute Inc. 2013. Versão 9.4. Procedures Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.

SILVA, I. C. *Sistemas agroflorestais: conceitos e métodos*. 1. ed. Itabuna: SBSAF, 2013. 308p.

SUZUKI, R.; TAKEDA, S.; THEIN, H. M. Chrono sequence changes in soil properties of teak (*Tectona grandis*) plantations in the Bago Mountains, Myanmar. *Journal of Tropical Forest Science*, Kepong, v. 19, n. 4, p. 207-217, 2007.

UDAWATTA, R. P.; KREMER, R. J.; NELSON, K.; JOSE, S.; BARDHAN, S. Soil quality indicators of a mature alley cropping agroforestry system in temperate North America. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, n. 45, p.2539–2551, 2014.

WENDLING, I. *Propagação Vegetativa*. Embrapa Floresta. I Semana do Estudante Universitário. 6 p. 2003.

ZECH, W.; DRECHSEL, P. Relationships between growth, mineral nutrition and site factors of teak (*Tectona grandis*) plantations in the rainforest zone of Liberia. *Forest Ecology and Management*. v. 41, p. 221-235, 1991.